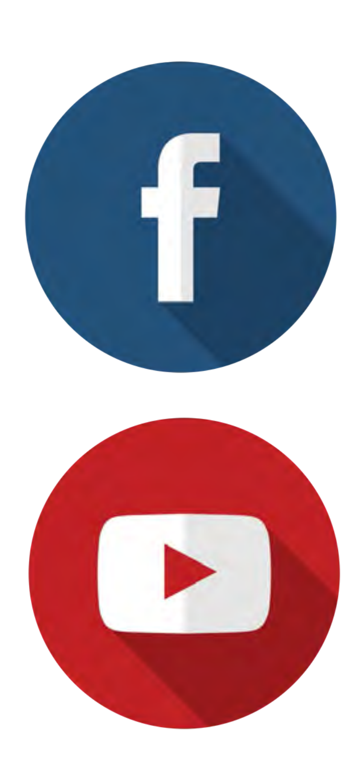
In the name of Allah, the Most Gracious, the Most Merciful







Rayonnements Ionisants

Dr. Bacha

Objectifs du cours :

- Définir les RI
- Connaître les différents types de RI
- Connaître les différentes unités de grandeurs utilisées en radioprotection.
- Citer les professions exposées au risque.
- Citer les organes cibles des RI.
- Citer et Décrire les pathologies liées aux RI.
- Reconnaître le syndrome aigu des radiations.
- Connaître les principes généraux de la réglementation algérienne spécifique aux RI.
- Connaître la prévention primaire secondaire et tertiaire en matière de RI.
- Connaître les pathologies réparées par la réglementation algérienne.

1. Définitions:

- **Les rayonnements ionisants** sont une forme d'énergie libérée par les atomes qui se propage par le biais d'ondes électromagnétiques (rayons gamma ou X) ou de particules (neutrons, particules bêta ou alpha).
- **La radioactivité** est la désintégration spontanée des atomes. L'énergie en excès est émise sous forme de rayonnements ionisants.
- **Les radionucléides:** sont des éléments instables qui se désintègrent en émettant des rayonnements ionisants.
- Tous les radionucléides sont identifiés de façon unique par le type de rayonnement qu'ils émettent, l'énergie de ce rayonnement et leur demi-vie.
- **La demi-vie** est le temps nécessaire pour que l'activité d'un radionucléide diminue de moitié par rapport à sa valeur initiale. (**l'iode 131** : 8 jours, **carbone 14 :** 5730 ans).

2. Types des rayonnements ionisants:

❑ Le rayonnement alpha (α) : (particules α)

- émis par un atome radioactif, c’est un faisceau de noyaux d’hélium composé de deux protons et deux neutrons;
- Lourds et chargés électriquement, les noyaux d’hélium sont arrêtés facilement et rapidement par les champs électromagnétiques et les atomes composant la matière. Ils sont donc arrêtés par une feuille de papier.

❑ Le rayonnement bêta (β)

- Le rayonnement béta, émis par un atome radioactif, est un faisceau d'électrons. Le rayonnement bêta cause plus de dégâts que le rayonnement alpha car il est chargé électriquement.
- Pour se protéger du rayonnement béta, une simple feuille d’aluminium de quelques millimètres suffit à l’arrêter ou une feuille de verre, …

❑Le rayonnement gamma (γ)

- Est composé de photons de haute énergie. C'est un rayonnement électromagnétique. Ce rayonnement va pénétrer davantage dans l'organisme que les rayonnements alpha et bêta, mais il modifie moins les particules qu'il rencontre.
- Une forte épaisseur de béton ou de plomb permet de s'en protéger.

❑Le rayonnement X :

- Sa nature et ses caractéristiques sont semblables au rayonnement (γ).

❑ Les neutrons:

- Ne sont pas chargés électriquement,
- Les neutrons libres ne forment donc pas un rayonnement ionisant.
- Ils peuvent induire des ionisations indirectement en traversant la matière.
- Le bore et le cadmium absorbent les neutrons.
- Une forte épaisseur d'eau ou de paraffine réduit leur vitesse.

Radioactivité alpha

^{4}He

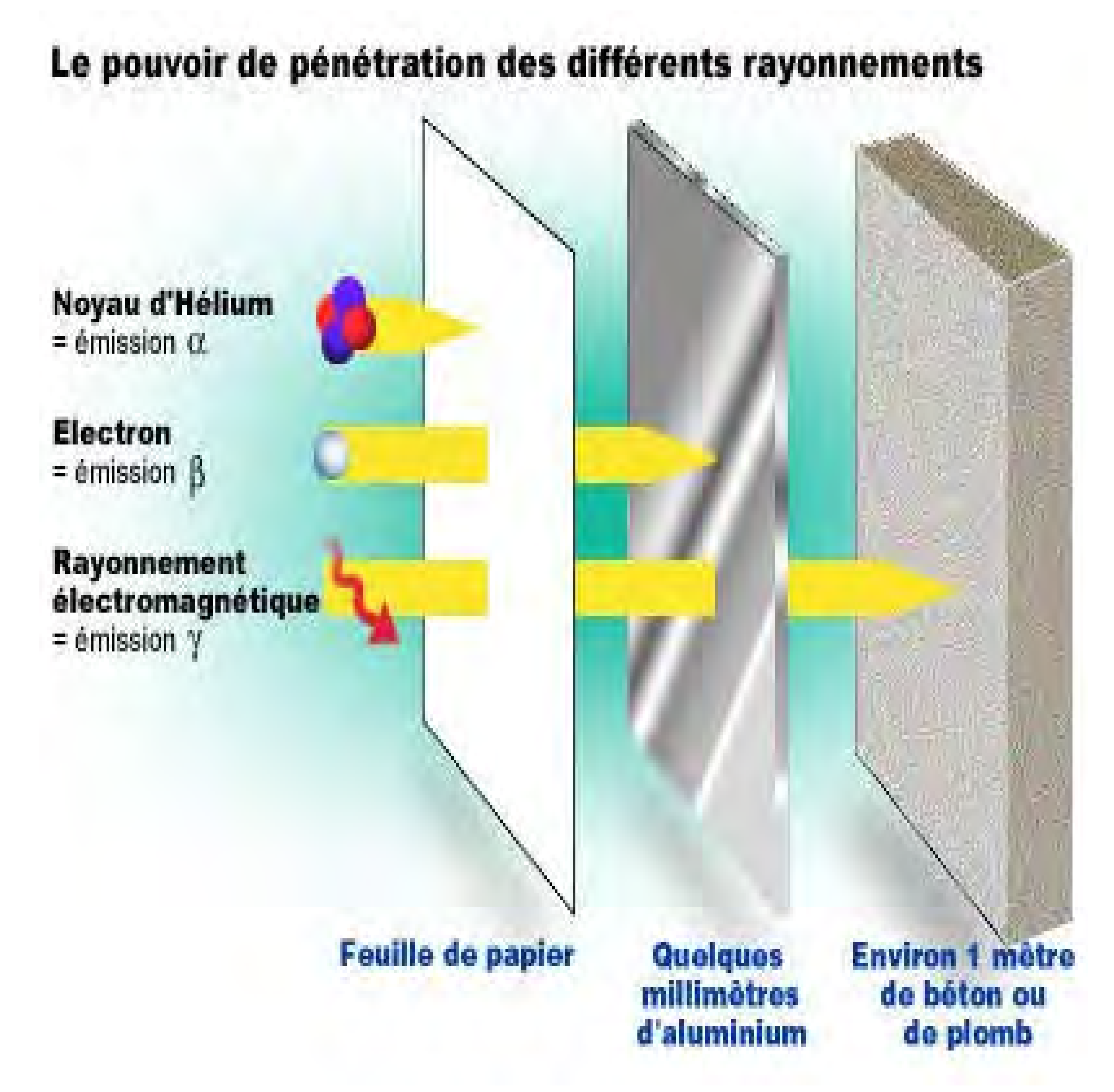
Radioactivité béta

e^-

$\bar{\nu}$

Radioactivité gamma

γ



3. Unités de grandeur:

La radioactivité a conduit les scientifiques à inventer de nombreuses unités de mesure pour la mesurer d'une part et pour mesurer ses effets d'autre part

- **L'activité :** mesurée en becquerels (Bq), représente une propriété intrinsèque des sources radioactives (le nombre de désintégrations par seconde); (le curie est une unité historique, encore utilisée).
- **L'activité massique :** caractérise la concentration en éléments radioactifs dans un matériau ou un objet (Bq/kg).

- **La dose :** mesurée en grays (Gy), représente la concentration massique d'énergie. C'est le rapport entre l'énergie déposée dans un élément divisée par la masse de cet élément. L'ancienne unité est le rad.
- **Débit de dose:** Gy/ seconde.
- **Mesures de doses efficaces :** Plusieurs grandeurs distinctes utilisent la même unité, le sievert.

- **La dose équivalente** : représente le produit de la dose par un facteur de qualité qui dépend du type de rayonnement ionisant (1 pour le rayonnement X) . Cette mesure incorpore donc le fait que pour une même dose, certains rayonnement sont plus dangereux que d'autres.

- **La dose efficace à l'organe** représente pour chaque organe le produit de la dose équivalente par un facteur de pondération qui dépend du tissu irradié, allant de 0,01 pour le cerveau à 0,12 pour la moelle osseuse. Cette mesure incorpore donc le fait que pour une même dose équivalente, le risque est plus grand dans certains tissus très radiosensibles.

- Enfin, **la dose efficace corps-entier** est la somme des doses efficaces reçues par chaque organe: elle représente (indirectement) le risque pour la santé.

4. Sources d'exposition:

4.1/ Mode d'exposition:

- **Exposition externe sans contact cutané (irradiation)** : source du R.I est extérieure et à distance de l'organisme. Elle peut être globale ou localisée.
- **Exposition externe par contact cutané (contamination externe)** : la peau est irradiée par dépôt de corps radioactifs. Le radioélément peut pénétrer à travers la peau (lésée ou saine).
- **Exposition interne (contamination interne)** : les substances radioactives pénètrent dans l'organisme par inhalation (gaz, aérosols), par ingestion, par voie oculaire ou par voie percutanée (lésée ou saine). L'exposition interne se poursuit tant que la substance radioactive n'a pas été éliminée naturellement par l'organisme.

La majorité des expositions d'origine professionnelle sont des expositions externes.

4. Sources d’exposition:

4.2/ Sources d’exposition :

❑ exposition naturelle:

- **Rayonnements cosmiques** (soleil et étoiles) : l’exposition est plus forte aux pôles qu’à l’équateur et augmente avec l’altitude.
- **Rayonnements telluriques** dus à la présence d’uranium et de thorium dans le sol, qui varie d’une zone à une autre.

❑ Exposition artificielle: due aux utilisations médicales chez la population générale ou les retombées qui font suite aux accidents nucléaires.

4. Sources d'exposition:

❑ Exposition professionnelle:

- **L'industrie nucléaire:** utilisation de sources radioactives, extraction, fabrication, …

- **Le secteur médical :** a été le premier à utiliser couramment des sources radioactives (radiothérapie, médecine nucléaire, radiodiagnostic).

- **applications industrielles :** contrôle de soudure ou d'étanchéité par radiographie, jauges et traceurs, désinfection ou stérilisation par irradiation, conservation des aliments, laboratoires de recherche,…

- **Applications sécuritaires:** détection de masses métalliques dans les aéroports…

4.3/ Types de sources radioactives :

- **Sources scellées** : détecteurs de fumée (α), radiologie industrielle (γ), utilisations thérapeutiques médicales,

- **Sources non scellées** : traceurs industriels, médecine nucléaire diagnostique (γ) ou thérapeutique, …

- **Appareils électriques générateurs** de rayonnements ionisants : radiologie industrielle et médicale(X), radiothérapie (X, électrons).

5. Effets biologiques des R.I

- Les effets des rayonnements ionisants sur un organisme résultent du transfert d'énergie à la matière. Cet excés d'énergie entraine une ionisation ou une excitation de la molécule cible.

- Les rayonnements ionisants perturbent les différents processus biologiques qui ont lieu dans les cellules des tissus ou des organes exposés. Les conséquences sont de 2 types :

- modification des propriétés chimiques des constituants de la cellule (ionisation) : ces constituants ne peuvent plus alors jouer leur rôle,

- altération du matériel génétique (l'ADN), ce qui provoque des **mutations** ou la **mort de cellules**.

Les facteurs dont dépendent l'importance et la nature des lésions cellulaires, pour une même dose d'exposition aux rayonnements ionisants:

- Mode d'exposition (externe ou interne)
- Nature des rayonnements.
- Débit de la dose reçue (une même dose reçue en peu de temps est bien plus nocive que si elle est étalée dans le temps)
- Certains facteurs chimiques ou physiques influant sur la sensibilité cellulaire (température, présence de certaines substances chimiques tels l'oxygène, forme chimique sous laquelle le radioélément est incorporé)
- Type des cellules exposées (les cellules qui ont un potentiel de multiplication important, dites indifférenciées, telles les cellules de la moelle osseuse, sont d'autant plus radiosensibles)

6. Pathologie:

- Les effets sur l'organisme des rayonnements sont de 2 types :
- Les effets à court terme, dits **déterministes** : surviennent dès que le seuil d'apparition spécifique de chaque organe a été atteint. À partir de ce seuil, l'importance des effets croît avec la dose d'exposition. Ils apparaissent le plus souvent quelques heures à quelques jours après l'irradiation.
- Les effets à long terme et aléatoires (**cancers** et **anomalies génétiques**), qui se manifestent plusieurs mois ou années après l'irradiation.

I/ Effets déterministes (non aléatoires, non stochastiques) :

I.1/ l'irradiation aigue par dose unique localisée:

- **Organes hématopoïétiques:** granulopénie dans 20 jours, anémie dans 3mois.
- **Intestin:** une dose de 5 Sv entraine une mise à nue de la muqueuse en 5 à 6 jours.
- **Testicules:** cible: spermatogonies; une dose supérieure à 60 Sv entraine une azoospermie définitive.
- **Ovaires:** cible: follicules; une dose supérieure à 20 Sv entraine stérilité définitive.

- **Foie:** radiorésistant (renouvellement cellulaire chaque 3 ans).
- **Peau:** cellules de la couche basale, ulcération cutanée. Exposition accidentelle de 5 Sv entraine une mise à nue du derme, destruction des glandes sudoripares et des follicules pileux, atrophie puis sclérose(radiodermite aigue).
- **Cristallin:** radiosensible, cataracte dans 1 à 10 ans après l'irradiation.

I.2/ Irradiation aigue généralisée:

- dose entre 0 et 0.5 Sv: pas de troubles apparents.
- dose entre 0.5 et 1 Sv : modification possible de la FNS (lymphopénie notamment)
- dose entre 1 et 2 Sv : quelques troubles digestifs, sanguins, épilation partielle et asthénie.

Dose > 2.5 Sv: ***syndrome aigue des radiations***

Il se manifeste généralement par une:

- ***phase prodromique*** non létale dans les minutes ou heures qui suivent l'irradiation. Elle dure quelques heures à quelques jours et se manifeste le plus souvent par les symptômes suivants : diarrhée, nausée, vomissements, anorexie, érythème.
- S'ensuit ***une période de latence (***dite Walking Ghost Phase), d'apparente guérison, d'autant plus courte que l'irradiation a été sévère ; elle dure quelques heures à quelques semaines.
- Enfin survient ***la phase aigüe***, potentiellement mortelle, qui se manifeste par un vaste spectre de symptômes possibles, dont les plus fréquents sont liés à des troubles hématopoïétiques(lymphopénie, granulopénie), gastro-intestinaux, cutanés, hyperthermie, respiratoires et cérébro-vasculaires.

- Les décès par surinfections sont possibles dans moins de 30 jours selon la dose absorbée.
- Dose > 4 Sv : décès de 50% des personnes exposées, > 6 Sv: décès de 100% des sujets exposés.

II/ Irradiation chronique :

- **Peau:** radiodermites tardives, trois stades :
  - Atrophie cutanée,
  - Ulcération,
  - Cancérisation.
- Aplasie médullaire.
- Cataracte.
- Stérilité.

I/ Effets non déterministes (aléatoires, stochastiques):

Certaines mutations génétiques et maladies comme les cancers peuvent survenir de façon aléatoire au sein d'une population ayant subi une exposition identique et sans qu'un seuil n'ait pu être vraiment défini.

- Leucémies, cancers osseux, thyroïdiens, cutanés.

7. Prévention:

Les principes de la radioprotection ont été largement règlementés, cités par le Décret présidentiel n° 05-117 du 11 avril 2005 relatif aux mesures de protection contre les rayonnements ionisants.

7.1/ Prévention technique:

- **Limites de dose: -** dose efficace de 20 mSv par an en moyenne sur cinq années consécutives. - dose efficace de 50 mSv (cinquante millisievert) en une seule année ;
- Respect des normes en matière d'autorisation, de traçabilité, de conformité des locaux et des matériels, de surveillance dosimétrique, de contrôle, de recommandations,…
- Délimitation des zones en zone contrôlée: catégorie A, et en zone surveillée: catégorie B;
- Formation et information du personnel avec désignation d'une personne radio-compétente responsable des controles.

7.2/ Prévention médicale:

- **Visite d'embauche:** interrogatoire, examen clinique et examens complémentaires.

- Écarter les sujets présentant des pathologies susceptibles de s'aggraver avec l'exposition aux R.I;

- le suivi dosimétrique et l'enregistrement des doses de chaque travailleur.

- **Visite périodique:** tous les 6 mois, examen clinique et examen biologique hématologique.

8. Réparation:

- Tableau n° 6 des maladies professionnelles répare les affections dues à l'exposition aux R.I.